

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-315446
(P2003-315446A)

(43)公開日 平成15年11月6日(2003.11.6)

(51)Int.Cl.⁷
G 0 1 S 13/34

識別記号

F I
G 0 1 S 13/34

テーマコード*(参考)
5 J 0 7 0

審査請求 有 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2002-115662(P2002-115662)

(22)出願日 平成14年4月18日(2002.4.18)

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 甲斐 幸一

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74)代理人 100057874

弁理士 曾我 道照 (外6名)

Fターム(参考) 5J070 AB19 AC02 AC06 AD02 AE01

AF03 AH31 AH35 AH39 AK04

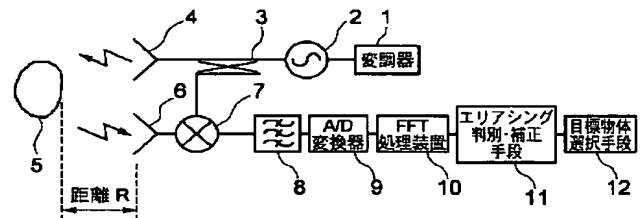
AK15 AK22 BA01

(54)【発明の名称】 レーダ装置

(57)【要約】

【課題】 正確に目標物体の距離および相対速度を検知することができる。

【解決手段】 送信アンテナ4の出力と受信アンテナ6の入力とをミキシングするミキサ7と、LPF8と、LPF8の出力信号をサンプリングしてA/D変換するA/D変換器9と、変換された当該信号を高速フーリエ変換するFFT処理装置10と、FFT処理装置10による結果から、エリアシングの発生した周波数成分を有する信号を判別し、エリアシングのない正常な周波数成分の信号に補正して、目標物5の距離及び相対速度データを得るエリアシング判別・補正手段11と、エリアシング判別・補正手段11により得られた前記目標物の距離及び相対速度データから、必要なデータを選択する目標物体選択手段12とを備えている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 目標物体に対して電磁波を送信する送信手段と、

前記送信手段により送信されて、目標物体で反射された電磁波を受信する受信手段と、

前記送信手段の出力と前記受信手段の入力とをミキシングし、ビート信号を発生するミキシング手段と、

前記ミキシング手段から出力されたビート信号のうちで、所定の周波数以下の周波数成分を有する信号を通過させる低域通過フィルタと、

前記低域通過フィルタの出力信号をサンプリングし、デジタル信号に変換するA/D変換手段と、

前記A/D変換手段によりサンプリングされてデジタル信号に変換されたサンプリング信号を、高速フーリエ変換する高速フーリエ変換処理手段と、

前記高速フーリエ変換処理手段による高速フーリエ変換結果から、エリアシングの発生した周波数成分を有する信号を判別し、エリアシングの発生した信号について

は、エリアシングのない正常な周波数成分の信号に補正して、当該補正された信号に基づいて、一方、エリアシングの発生していない信号については、そのままの信号に基づいて、前記目標物の距離及び相対速度データを得るエリアシング判別・補正手段と、

前記エリアシング判別・補正手段により得られた前記目標物の距離及び相対速度データの中から必要なデータを選択する目標物体選択手段とを備えたことを特徴とするレーダ装置。

【請求項2】 前記エリアシング判別・補正手段は、前記高速フーリエ変換結果から得られる前記目標物の距離及び相対速度データの候補が複数個あった場合に、前記高速フーリエ変換結果の周波数成分の時間変化に基づいて、前記候補の中からエリアシングの発生していない正常な距離及び相対速度データを判別することを特徴とする請求項1に記載のレーダ装置。

【請求項3】 前記高速フーリエ変換手段は、所定のレンジゲート幅を有する各レンジゲート毎に、前記サンプリング信号を高速フーリエ変換した高速フーリエ変換結果を出力し、

前記エリアシング判別・補正手段は、

前記高速フーリエ変換結果から前記目標物の距離及び相対速度データの候補が複数個得られた場合に、前記高速フーリエ変換結果がいずれのレンジゲートのサンプリングデータによるものであるかを参照して、当該参照結果に基づいて、前記候補の中からエリアシングの発生していない正常な距離及び相対速度データを判別することを特徴とする請求項1に記載のレーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、レーダ装置に関し、特に、自動車等の車両に搭載して、送信した電磁波

を目標物で反射させて受信することにより、目標物の距離および相対速度を検知する車載用のレーダ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】自動車等の車両においては、先行車等との相対距離および相対速度を測定するために車載用レーダ装置が用いられている。従来の車載用レーダ装置としては、例えば、図11に示すような構成を有するものが知られている。図11において、41は変調器、42は電圧制御発信器、43はパワーデバイダ、44は送信アンテナ、45は目標物体、46は受信アンテナ、47はミキサ、48は低域通過フィルタ（以下、LPFとする。）、49はA/D変換器、50はFFT処理装置、51は信号処理装置である。

【0003】次に、このように構成された従来装置の動作について説明する。変調器41は線形なFM変調用の電圧信号を出力する。そのFM変調用電圧信号により電圧制御発信器42がFM変調された電磁波を発生する。その電磁波をパワーデバイダ43により2つに分け、一方はミキサ47に入力される。もう一方は送信アンテナ44から空間に出力される。送信アンテナ44から空間に出力された電磁波は目標物体45により反射し、送信電磁波に対して遅延時間 T_d [S]をもって受信アンテナ46に入力される。さらに目標物体45が相対速度を持つ場合、受信電磁波は送信電磁波に対してドップラシフト F_d [Hz]をもって受信アンテナ46に入力される。受信アンテナ46で受信した電磁波は、ミキサ47により、上記パワーデバイダ43により入力された送信電磁波とミキシングされ、上記遅延時間 T_d とドップラシフト F_d に対応したビート信号を出力する。LPF48は、A/D変換器49のサンプリング周波数 F_s の半分以下の周波数成分をもつ信号を通過する用に構成されている。A/D変換器49は、LPF48を通過したビート信号をサンプリング周波数 F_s [Hz]でサンプリングする。FFT処理装置50は、A/D変換器49でサンプリングしたビート信号を高速フーリエ変換（FFT）し、ビート信号の周波数成分を出力する。信号処理装置51はFFT処理装置50の出力する周波数成分より、目標物体45までの相対距離と相対速度を算出する。

【0004】次に信号処理装置11によって相対距離と相対速度を算出する方法を説明する。図12は上記レーダ装置を用いた相対距離と相対速度を算出する一例である。図12において送信電磁波は送信電磁波の周波数帯域幅 B 、変調周期 T_m でFM変調されている。受信電磁波は、送信電磁波が、送信アンテナ44から距離 R に存在する目標物体45で反射されて、受信アンテナ46に入力されるまでの遅延時間 T_d を持っている。また、目標物体45が相対速度を持つとき受信電磁波は送信電磁波に対して F_d だけドップラシフトする。よって

ミクサ47でミキシングされたビート信号に含まれる周波数成分には、周波数上昇時には送信信号と受信信号の周波数差 F_{bu} が含まれ、周波数下降時には送信信号と受信信号の周波数差 F_{bd} が含まれている。上記 F_{bu} 、 F_{bd} 、 T_m 、 B と光速 C ($=3.0 \times 10^8$ m/s)

$$R = (T_m C / 8B) \times (F_{bu} + F_{bd})$$

$$v = (\lambda / 4) \times (F_{bu} - F_{bd})$$

(1)

【0006】次にFFT処理装置49の高速フーリエ変換について説明する。通常高速フーリエ変換は 2^n 個のFFT点数のサンプリングデータを入力し、 2^n 個の周

$$\Delta F = 2 / T_m$$

(2)

【0008】となり、正しく検出できる最大周波数 F_{max} は、

$$F_{max} = 2^{n-1} \times \Delta F = 2^{n-1} \times 2 / T_m$$

(3)

【0010】となる。それ以上の周波数成分が入力されると、エリアシングが発生し、図2のように周波数 F_{max} で折り返されるため偽の周波数成分が現れる。このエリアシングによる偽の周波数成分を防ぐため、FFT処理装置49の入力前にはLPF48が設置され、 F_{max} 以上の周波数成分をカットしている。

【0011】次に相対距離 R と相対速度 v の分解能（離散的に出力されるデータ値の最小ステップ）をそれぞれ ΔR 、 Δv とする。周波数差 F_{bu} と F_{bd} の分解能 ΔF は上記周波数分解能 $2 / T_m$ となり、

【0012】

$$\begin{aligned} \Delta R &= (T_m C / 8B) \times (\Delta F + \Delta F) \\ &= (T_m C / 8B) \times (4 / T_m) \\ &= C / 2B \end{aligned}$$

(4)

【0013】

$$\begin{aligned} \Delta v &= (\lambda / 4) \times (\Delta F + \Delta F) \\ &= (\lambda / 4) \times (4 / T_m) \\ &= \lambda / T_m \end{aligned}$$

(5)

【0014】となる。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】例えば距離分解能 $\Delta R = 1$ [m]、最大検知距離 $R_{max} = 150$ [m]のレーダを設計する場合、必要な変調幅 B は上述の(4)式より、

$$B = C / 2 / \Delta R = 150 \text{ [MHz]}$$

【0017】の変調幅を必要とし、FFT点数は

$$2^n \geq \Delta R \times R_{max} \times 2 = 300$$

【0019】を満たす $2^n = 512$ 点が必要となる。また速度分解能 $\Delta v = 1$ [km/h]としたとき、変調周期 T_m は

$$\begin{aligned} T_m &= \lambda / \Delta v = 5.0 \times 10^{-3} \times 3.6 \\ &= 18 \times 10^{-3} \text{ [S]} \end{aligned}$$

【0021】が必要となる。

【0022】距離150m、相対速度0km/hの物体を検知すると、周波数差 F_{bu} 、 F_{bd} はともに

【0023】

λ / s)、搬送波の波長 λ （搬送波の基本周波数が $F_0 = 60 \text{ GHz}$ ならば $\lambda = 5.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ ）により目標物体45の相対距離 R と相対速度 v は下式(1)により求められる。

【0005】

※波数成分データを出力する。観測時間 $T_m / 2$ のとき、周波数分解能は

【0007】

★【0009】

$$F_{bu} = F_{bd} = \Delta F \times 150 / \Delta R = \Delta F \times 150$$

【0024】となるが、距離150m相対速度200km/hの物体を検知する場合、周波数差 F_{bu} 、 F_{bd} は

$$\begin{aligned} F_{bu} &= \Delta F \times 150 / \Delta R + \Delta F \times 200 / \Delta v \\ F_{bd} &= \Delta F \times 150 / \Delta R - \Delta F \times 200 / \Delta v \end{aligned}$$

$$F_{bd} = \Delta F \times 50$$

$$F_{bd} = \Delta F \times 50$$

【0026】となる。

【0027】FFT点数が512のとき、最大周波数 F_{max} は

$$F_{max} = \Delta F \times 256$$

【0029】となり、それ以上の周波数成分はエリアシングにより正常に検出できない。このためLPF48により F_{max} 以上の周波数をカットしている。よって $F_{bu} = \Delta F \times 350$ はLPF48によりカットされてしまい、検出できなくなる。

【0030】この問題点を解決するためには距離分解能 ΔR または相対速度分解能 Δv の分解能を荒くすることが考えられる。例えば $\Delta R = 1.5 \text{ m}$ 、 $\Delta v = 1.5 \text{ km/h}$ にすれば、 $F_{bu} = \Delta F \times 175$ となり、LPF48は $F_{max}' = F_{max} \times 1.5$ の周波数成分まで通過させることで検出が可能となる。

【0031】または、 ΔR 、 Δv はそのまま、FFT点数を1024点に増やし、LPF48は $F_{max}'' = F_{max} \times 2$ の周波数成分まで通過させることにより、正常な検出が可能となる。

【0032】しかしながら、分解能を荒くするという事はすなわちレーダ性能の低下につながり、また、FFT点数を増やすことは、計算量と記憶装置の大幅増加につながり、コストの面で大きな問題となる。

【0033】この発明は、かかる問題点を解決するためになされたもので、エリアシングが発生する目標物体についても正確に検知することができるレーダ装置を得ることを目的とする。

【0034】

【課題を解決するための手段】この発明は、目標物体に対して電磁波を送信する送信手段と、前記送信手段により送信されて、目標物体で反射された電磁波を受信する受信手段と、前記送信手段の出力と前記受信手段の入力とをミキシングし、ビート信号を発生するミキシング手段と、前記ミキシング手段から出力されたビート信号のうちで、所定の周波数以下の周波数成分を有する信号を通過させる低域通過フィルタと、前記低域通過フィルタの出力信号をサンプリングし、デジタル信号に変換するA/D変換手段と、前記A/D変換手段によりサンプリングされてデジタル信号に変換されたサンプリング信号を、高速フーリエ変換する高速フーリエ変換処理手段と、前記高速フーリエ変換処理手段による高速フーリエ変換結果から、エリアシングの発生した周波数成分を有する信号を判別し、エリアシングの発生した信号については、エリアシングのない正常な周波数成分の信号に補正して、当該補正された信号に基づいて、一方、エリアシングの発生していない信号については、そのままの信号に基づいて、前記目標物の距離及び相対速度データを得るエリアシング判別・補正手段と、前記エリアシング判別・補正手段により得られた前記目標物の距離及び相対速度データの中から必要なデータを選択する目標物体選択手段とを備えたレーダ装置である。

【0035】また、前記エリアシング判別・補正手段は、前記高速フーリエ変換結果から得られる前記目標物の距離及び相対速度データの候補が複数個あった場合に、前記高速フーリエ変換結果の周波数成分の時間変化に基づいて、前記候補の中からエリアシングが発生していない正常な距離及び相対速度データを判別する。

【0036】また、前記高速フーリエ変換手段は、所定のレンジゲート幅を有する各レンジゲート毎に、前記サンプリング信号を高速フーリエ変換した高速フーリエ変換結果を出力し、前記エリアシング判別・補正手段は、前記高速フーリエ変換結果から前記目標物の距離及び相対速度データの候補が複数個得られた場合に、前記高速フーリエ変換結果がいずれのレンジゲートのサンプリングデータによるものであるかを参照して、当該参照結果に基づいて、前記候補の中からエリアシングが発生していない正常な距離及び相対速度データを判別する。

【0037】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 図1はこの発明の実施の形態である車載用レーダ装置を示すもので、図1において、1は変調器、2は電圧制御発信器、3はパワーデバイダ、4は送信アンテナ、5は目標物体、6は受信アンテナ、7はミキサ、8はLPF、9はA/D変換器、10はFFT処理装置、11はエリアシング判別・補正手段、12は目標物体選択手段である。

【0038】次に、上記のように構成された本実施の形態に係る車載用レーダ装置の動作を説明する。変調器1は線形なFM変調用の電圧信号を出力する。そのFM変

調用電圧信号により電圧制御発信器2がFM変調された電磁波を発生する。その電磁波をパワーデバイダ3により2つに分け、一方はミキサ7に入力される。もう一方は送信アンテナ4から電磁波が空間に出力される。送信アンテナ4から空間に出力された電磁波は目標物体5により反射し、送信電磁波に対して遅延時間 T_d [S]をもって受信アンテナ6に入力される。さらに、目標物体5が相対速度を持つ場合には、受信電磁波は送信電磁波に対してドップラシフト F_d [Hz]をもって受信アンテナ6に入力される。受信アンテナ6で受信した電磁波は、ミキサ7において、パワーデバイダ3により入力された上記送信電磁波とミキシングされ、上記遅延時間 T_d とドップラシフト F_d に対応したビート信号を出力する。次に、LPF8により、A/D変換器9のサンプリング周波数 F_s 以下の周波数成分をもつ信号のみを通過させる。A/D変換器9はLPF8を通過したビート信号をサンプリング周波数 F_s [Hz]でサンプリングする。FFT処理装置10はA/D変換器9でサンプリングしたビート信号を高速フーリエ変換(FFT)し、ビート信号の周波数成分を出力する。エリアシング判別・補正手段11はビート信号の周波数成分のうち、エリアシングが発生しているデータを検知し、これをエリアシングのない正しいデータに補正した距離・相対速度を出力する。なお、図2は、エリアシングの発生を説明した図であるが、図2において100はエリアシングがない場合の周波数成分、101は偽の周波数成分、102は所定の最大周波数 F_{max} である。 F_{max} 以上の周波数成分は、エリアシングにより、偽の周波数成分101になってしまう。そのため、本発明においては、エリアシング判別・補正手段11により、エリアシングのない場合の正しい周波数成分100に変換する。正しい周波数成分100は、 F_{max} で偽の周波数成分101を折り返したところの値となる。目標物体選択手段12は、エリアシング判別・補正手段11により補正された複数の距離・相対速度データと自車速、道路曲率等に基づいて(すなわち、それらに関する所定の条件に合った)自車両に必要な目標物体を選択する。

【0039】次に、このように構成された本発明の車載用レーダ装置における、エリアシング判別・補正手段11の原理を説明する。例えば、距離分解能 $\Delta R = 1$ [m]、最大検知距離 $R_{max} = 150$ [m]のレーダを設計する場合、必要な変調幅 B は上述の(2)式より、

$$【0040】 B = C / 2 / \Delta R = 150 \text{ [MHz]}$$

【0041】の変調幅を必要とし、FFT点数は

$$【0042】 2^n > \Delta R \times R_{max} \times 2 = 300$$

【0043】となる、512点が必要となる。また速度分解能 $\Delta v = 1$ [km/h]としたとき、変調周期 T_m は

$$【0044】 T_m = \lambda / \Delta v = 5.0 \times 10^{-3} \times 3.$$

$6 = 18 \times 10^{-3} \text{ [S]}$

【0045】が必要となる。

【0046】距離150m、相対速度0km/hの物体Aを検知すると、図3(a)及び(b)のように、周波数差Fbu(送信周波数上昇時)、Fbd(送信周波数下降時)はともに、

【0047】

$$Fbu = Fbd = \Delta F \times 150 / \Delta R = \Delta F \times 150$$

【0048】となるが、距離150m、相対速度200km/hの物体Bを検知する場合、図4(a)および(b)のように、周波数差Fbu、Fbdは

$$\text{【0049】 } Fbu = |\Delta F \times 150 / \Delta R + \Delta F \times 200 / \Delta v| = \Delta F \times 350$$

$$Fbd = |\Delta F \times 150 / \Delta R - \Delta F \times 200 / \Delta v| = \Delta F \times 50$$

【0050】となる。LPF8はサンプリング周波数Fsまでの帯域を通過するため、Fbu、FbdともにLPF8でカットされることはない。

【0051】ここで、FFT点数を512とした場合、最大周波数Fmaxは

$$\text{【0052】 } Fmax = 256 \times \Delta F$$

【0053】であるため、図5(a)及び(b)のようにFmaxで折り返され、

$$\text{【0054】 } Fbu = \Delta F \times 162$$

$$Fbd = \Delta F \times 50$$

【0055】と認識される。

【0056】ところで、距離106m、相対速度56km/hの物体Cを検知する場合、周波数差Fbu、Fbdは、

$$\text{【0057】 } Fbu = |\Delta F \times 106 / \Delta R + \Delta F \times 56 / \Delta v| = \Delta F \times 162$$

$$Fbd = |\Delta F \times 106 / \Delta R - \Delta F \times 56 / \Delta v| = \Delta F \times 50$$

【0058】となり、距離150m、相対速度200km/hの物体Bと全く同じように検知される。

【0059】距離150m、相対速度200km/hの物体Bと距離106m、相対速度56km/hの物体Cは、上述のように、ビート信号の周波数成分Fbu、Fbdは全く同じとなるが、物体B、Cは相対速度が異なるため、Fbu、Fbdの時間変化は異なる。

【0060】相対速度が一定の場合、距離150m相対速度200km/hの物体Bの0.1秒後の距離は144mとなり、Fbu、Fbdは

$$\text{【0061】 } Fbu = |\Delta F \times 144 / \Delta R + \Delta F \times 200 / \Delta v| = \Delta F \times 344$$

$$Fbd = |\Delta F \times 144 / \Delta R - \Delta F \times 200 / \Delta v| = \Delta F \times 56$$

【0062】エリアシングを考慮して、補正すれば、

$$\text{【0063】 } Fbu = \Delta F \times 168$$

$$Fbd = \Delta F \times 56$$

【0064】となり、0.1秒間のFbu、Fbdの変化量は、 $\Delta F \times 6$ となる。

【0065】一方、距離106m、相対速度56km/hの物体Cの0.1秒後の距離は108mとなり、Fbu、Fbdは

$$\text{【0066】 } Fbu = |\Delta F \times 108 / \Delta R + \Delta F \times 56 / \Delta v| = \Delta F \times 164$$

$$Fbd = |\Delta F \times 108 / \Delta R - \Delta F \times 56 / \Delta v| = \Delta F \times 52$$

【0067】となり、0.1秒間のFbu、Fbdの変化量は $\Delta F \times 2$ となる。

【0068】このようにして、エリアシング判別・補正手段11は、Fbu、Fbdの時間変化量を観測し、この結果より、得られたFbu、Fbdが物体Bであるのか、物体Cであるのかを判別することができる。

【0069】図6はこのように構成された本発明の車載用レーダ装置における、エリアシング判別・補正手段11の処理内容を示したフローチャートである。まず、ステップS60で、周波数上昇時のビート信号のFFT結果からピークサーチを行い、Fbuを求める。Fbuは複数の場合もある。同様に、ステップS61で周波数下降時のビート信号のFFT結果からピークサーチを行い、Fbdを求める。Fbdは複数の場合もある。次にステップS62では処理60で得られた複数のFbuデータと、1処理周期前のステップS60で得られた複数のFbuデータのどのデータに対応するかをそれぞれ同定し、同定した1処理周期前のFbuと今回のFbuから周波数時間変化量を求める。同様に、ステップS63では得られた複数のFbdデータと、1処理周期前のステップS61で得られた複数のFbdデータのどのデータに対応するかをそれぞれ同定し、同定した1処理周期前のFbdと今回のFbdから周波数時間変化量を求める。

【0070】次に、ステップS64で複数のFbu、Fbdの組み合わせを決定する。次に、ステップS65でFbu、Fbdの組み合わせの中から1つを選択する。次にステップS66でFbu、Fbdそれぞれがエリアシングあり、なしの場合についての4通りの距離・相対速度候補を求める。次に、ステップS67では、ステップS66で求めたエリアシングあり、なしの場合についての4通りの距離・相対速度候補とステップS62、S63で求めたFbu、Fbdの周波数時間変化量より、4通りの距離・相対速度候補より正しい距離・相対速度を選択する。次に、ステップS68で、全Fbu、Fbdの組み合わせに対し、距離・相対速度が求められていれば終了し、そうでなければステップS65に戻る。

【0071】上述したように、従来装置では、エリアシングによる偽の周波数成分を除去するため、サンプリング周波数Fsの半分以下の周波数を通過するLPF48を使用しているが、本実施の形態においては、上記のよ

うに構成され、サンプリング周波数 F_s 以下の周波数を通過するLPF8を使用し、あえて、エリアシングを発生する周波数成分まで補正して利用することで、同程度の計算量で、従来装置よりも目標物体の検知距離、検知相対速度範囲を広げることができる。

【0072】なお、この場合に限らず、従来装置と同じに、 F_s の半分以下の周波数を通過するLPFを用いて、同じ検知距離範囲、検知相対速度範囲の車載用レーダ装置としてもよく、この場合には、計算量を少なくすることができる。

【0073】また、サンプリング周波数 F_s 以上の周波数も通過するLPF8を使用しても、同様の考え方でエリアシングを判別・補正することができるのは明らかである。

【0074】本実施の形態においては、エリアシング判別・補正手段31が、FFT演算結果から距離および相対速度の候補を求め、その候補の中から正しい候補を判別する際に、当該FFT演算結果の時間変化量を求めて、時間変化量の値に基づいて、正しい候補の判別を行うようにしたので、誤った候補を選ぶことを防止でき、正確に物体の距離および相対速度の検知を行うことができる。

【0075】実施の形態2. 図7は、実施の形態1の車載用レーダ装置に、パルス変調機能を加えたものであり、FMパルスドップラー方式の車載用レーダ装置である。図7において、21は変調器、22は電圧制御発信器、23は電圧制御発信器2の電磁波の電力を送信アンテナ24または受信側ミキサ27に切り替えるための送受信切替スイッチ、24は送信アンテナ、25は目標物体、26は受信アンテナ、27はミキサ、28はLPF、29はA/D変換器、30はFFT処理装置、31はエリアシング判別・補正装置、32は信号処理装置である。図1に示した構成と異なる点は、図1においてはパワーデバイダ3が設けられているのに対し、図7においては、送受信切替スイッチ23が設けられている点である。

【0076】このように構成された車載用レーダ装置の電磁波送信動作を説明する。変調器21は線形なFM変調用の電圧信号を出力する。そのFM変調用電圧信号により電圧制御発信器22がFM変調された電磁波を出力する。その電磁波は送受信切替スイッチ23により送信用アンテナ24から空間に出力される。次に電磁波受信動作を説明する。電磁波送信開始時からパルス時間幅 t_g 、例えば、 200 ns ($=1/(5\text{ MHz})$)、距離 $30 \times 2\text{ m}$ 相当)だけ経過した時点で、送受信切替スイッチ23は受信側に切り替わり、電圧制御発信器22とミキサ27を接続する。また、送信用アンテナ24から空間に出力された電磁波は 200 ns だけ出力されるパルス波となり、距離 R に存在する目標物体25で反射され、送信電磁波に対して距離 R に依存する遅延時間 Δt

をもって受信用アンテナ26に入力される。目標物体25が相対速度を持つとき受信電磁波周波数は送信電磁波周波数に対して f_b だけドップラシフトして受信用アンテナ26に入力される。受信用アンテナ26で入力された電磁波はミキサ27により電圧制御発信器22からの送信用電磁波とミキシングされ、ビート信号を出力する。得られたビート信号は、例えば、カットオフ周波数が 5 MHz のフィルタ28を通過し、A/D変換器29に入力され、図10に示すようにレンジゲート毎、例えば、 5 MHz の周期でデジタル信号に変換される。A/D変換器29の出力データは目標物体25に対応するレンジゲート番号 k でのみ目標物体25で反射した電磁波による周波数成分が発生する。このレンジゲート番号 k から目標物体25の距離 R_g は下記の式(6)で計算できる。

$$R_g = (t_g \times k \times C) / 2 \quad (6)$$

ここで、 C は光速である。距離分解能はパルス時間幅 t_g 相当となり、例えば、 $t_g = 200\text{ ns}$ であれば、距離分解能は 30 m となる。これをレンジゲート幅と呼ぶことにする。

【0077】例えば、 $\Delta R = 1\text{ m}$ 、 $\Delta v = 1\text{ km/h}$ の場合、 $R = 70\text{ m}$ 、 $v = 0\text{ km/h}$ の物体Dと、 $R = 150\text{ m}$ 、 $v = 0\text{ km/h}$ の物体Eの2つが存在する場合、上述の実施の形態1の車載用レーダ装置では、図8(a)及び(b)に示すような演算結果が得られるが、本実施の形態の車載用レーダ装置では、レンジゲート幅を例えば 30 m に設定した場合、図9に示すように、各レンジゲート範囲に存在する物体により現れる周波数成分のみが検知されるため、物体Dはレンジゲート3でのみ、物体Eはレンジゲート5でのみ周波数成分が現れる。なお、レンジゲート幅を 30 m とした場合、レンジゲート1: $0 \sim 30\text{ m}$ 以下、レンジゲート2: $30 \sim 60\text{ m}$ 以下、レンジゲート3: $60 \sim 90\text{ m}$ 以下、レンジゲート4: $90 \sim 120\text{ m}$ 以下、レンジゲート5: $120 \sim 150\text{ m}$ 以下となる。また、図9の(a)及び(b)は、レンジゲート3に対応した距離範囲に存在する物体のFFT結果、図9の(c)及び(d)は、レンジゲート5に対応した距離範囲に存在する物体のFFT結果、図9の(e)及び(f)は、レンジゲート1, 2, 4等(すなわち、レンジゲート3, 5以外)に対応した距離範囲に存在する物体のFFT結果を示している。

【0078】次に、本実施の形態におけるエリアシング判別・補正手段31について説明する。例えば実施の形態1と同様に、

$$Fbu = \Delta F \times 162$$

$$Fbd = \Delta F \times 50$$

【0080】という周波数成分がエリアシング判別・補正手段31に入力された場合、この Fbu 、 Fbd から得られる距離、相対速度の候補として、上述の通り、

【0081】距離=150m、相対速度=200km/h
または

距離=106m、相対速度=56km/h

【0082】の2通りが考えられる。レンジゲート幅=30mに設定した場合、距離=150mの物体はレンジゲート5で、距離=106mの物体はレンジゲート4で検知されることとなる。図9の結果から、レンジゲート5においては、物体Eが検知されており、一方、レンジゲート4においては、1つも物体が検知されていないことから、距離=150m、相対速度=200km/hの候補が正しいことがわかる。このようにして、エリアシング判別・補正手段31はどのレンジゲートのデータであるかを調べることで、どちらか一方が正常な周波数成分であると判断し、正常な周波数成分のみを出力する。

【0083】以上のように、本実施の形態においては、上述の実施の形態1と同様の効果を得ることができるとともに、さらに、送受信切替スイッチ23の働きにより、FMバルスドップラー方式を用いて、所定のレンジゲート幅を持つレンジゲート毎のFFT演算結果を得て、エリアシング判別・補正手段31が、そのFFT演算結果から得られる距離および相対速度の候補の中から、正しい候補を判別する際に、当該FFT演算結果がどのレンジゲートのデータであるかを調べることにより、正しい候補の判別を行うようにしたので、正確に物体の距離および相対速度の検知を行うことができる。

【0084】

【発明の効果】この発明は、目標物体に対して電磁波を送信する送信手段と、前記送信手段により送信されて、目標物体で反射された電磁波を受信する受信手段と、前記送信手段の出力と前記受信手段の入力とをミキシングし、ビート信号を発生するミキシング手段と、前記ミキシング手段から出力されたビート信号のうちで、所定の周波数以下の周波数成分を有する信号を通過させる低域通過フィルタと、前記低域通過フィルタの出力信号をサンプリングし、デジタル信号に変換するA/D変換手段と、前記A/D変換手段によりサンプリングされてデジタル信号に変換されたサンプリング信号を、高速フーリエ変換する高速フーリエ変換処理手段と、前記高速フーリエ変換処理手段による高速フーリエ変換結果から、エリアシングの発生した周波数成分を有する信号を判別し、エリアシングの発生した信号については、エリアシングのない正常な周波数成分の信号に補正して、当該補正された信号に基づいて、一方、エリアシングの発生していない信号については、そのままの信号に基づいて、前記目標物の距離及び相対速度データを得るエリアシング判別・補正手段と、前記エリアシング判別・補正手段により得られた前記目標物の距離及び相対速度データから必要なデータを選択する目標物体選択手段とを備えたレーダ装置であるので、エリアシングが発生する目標物体についても正確に検知することができる。

【0085】また、前記エリアシング判別・補正手段は、前記高速フーリエ変換結果から得られる前記目標物の距離及び相対速度データの候補が複数個あった場合に、前記高速フーリエ変換結果の周波数成分の時間変化に基づいて、前記候補の中からエリアシングが発生していない正常な距離及び相対速度データを判別するようにしたので、エリアシングが発生する目標物体についても正確に検知することができる。

【0086】また、前記高速フーリエ変換手段は、所定のレンジゲート幅を有する各レンジゲート毎に、前記サンプリング信号を高速フーリエ変換した高速フーリエ変換結果を出力し、前記エリアシング判別・補正手段は、前記高速フーリエ変換結果から前記目標物の距離及び相対速度データの候補が複数個得られた場合に、前記高速フーリエ変換結果がいずれのレンジゲートのサンプリングデータによるものであるかを参照して、当該参照結果に基づいて、前記候補の中からエリアシングが発生していない正常な距離及び相対速度データを判別するようにしたので、エリアシングが発生する目標物体についても正確に検知することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1における車載用レーダ装置の構成を示したブロック図である。

【図2】 本発明の実施の形態1におけるエリアシングの発生の説明図である。

【図3】 本発明の実施の形態1における距離150m相対速度0km/hの物体を検知したときのFFT処理結果を示す説明図である。

【図4】 本発明の実施の形態1における距離150m相対速度200km/hの物体を検知したときのエリアシングを考慮しないFFT処理結果を示す説明図である。

【図5】 本発明の実施の形態1における距離150m相対速度200km/hの物体を検知したとき、エリアシングを考慮したFFT処理結果を示す説明図である。

【図6】 本発明の実施の形態1におけるエリアシング判別・補正手段の処理内容を示した流れ図である。

【図7】 本発明の実施の形態2における車載用レーダ装置の構成を示したブロック図である。

【図8】 本発明の実施の形態1における2つの物体を検知したときのFFT結果を示す説明図である。

【図9】 本発明の実施の形態2における2つの物体を検知したときのFFT結果を示す説明図である。

【図10】 本発明の実施の形態2における送受信切替スイッチの動作を示した説明図である。

【図11】 従来の車載用レーダ装置の構成を示すブロック図である。

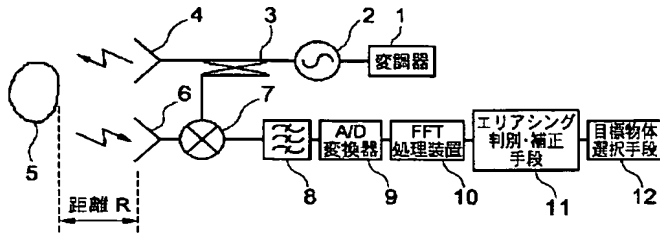
【図12】 従来の車載用レーダ装置の相対距離と相対速度の算出方法を示す説明図である。

【符号の説明】

13

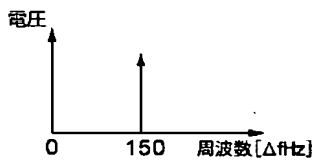
1 変調器、2 発信器、3 パワーデバイダ、4 送信アンテナ、5 目標物体、6 受信アンテナ、7 ミキサ、8 低域通過フィルタ、9 A/D変換器、10 FFT処理装置、11 エリアシング判別・補正手段、12 目標物体選択手段、21 変調器、22 発信器、23 送受信切替スイッチ、24 送信アンテナ、25 目標物体、26 受信アンテナ、27 ミキサ、

【図1】

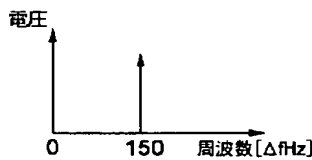


【図3】

(a) 送信周波数上昇時のビート信号のスペクトル

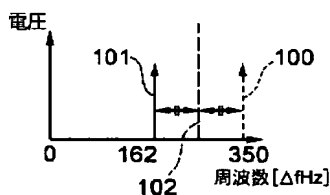


(b) 送信周波数下降時のビート信号のスペクトル

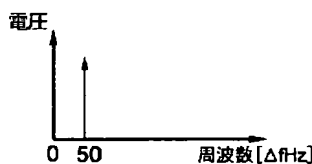


【図5】

(a) 送信周波数上昇時のビート信号のスペクトル

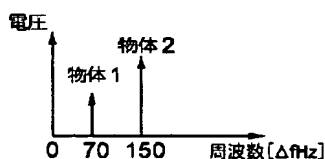


(b) 送信周波数下降時のビート信号のスペクトル

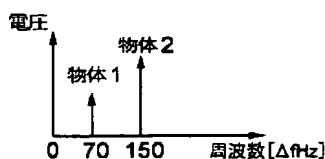


【図8】

(a) 送信周波数上昇時のビート信号のスペクトル



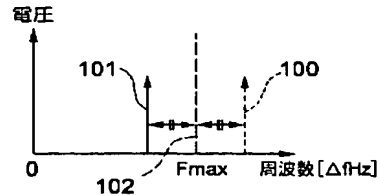
(b) 送信周波数下降時のビート信号のスペクトル



14

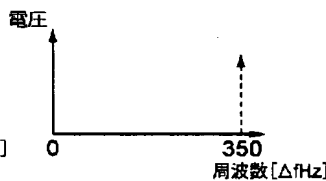
28 低域通過フィルタ、29 A/D変換器、30 FFT処理装置、31 エリアシング判別・補正手段、32 目標物体選択手段、41 変調器、42 発信器、43 パワーデバイダ、44 送信アンテナ、45 目標物体、46 受信アンテナ、47 ミキサ、48 低域通過フィルタ、49 A/D変換器、50 FFT処理装置、51 信号処理装置。

【図2】

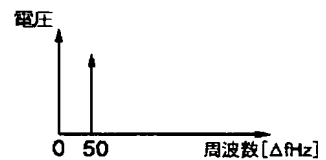


【図4】

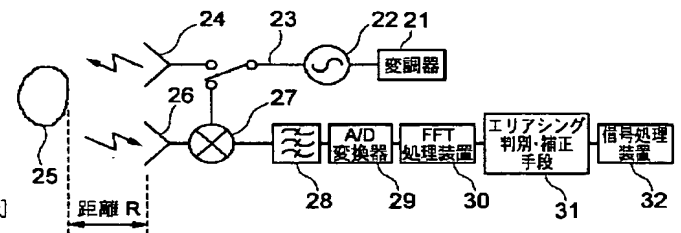
(a) 送信周波数上昇時のビート信号のスペクトル



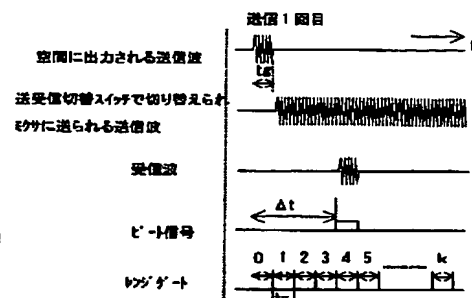
(b) 送信周波数下降時のビート信号のスペクトル



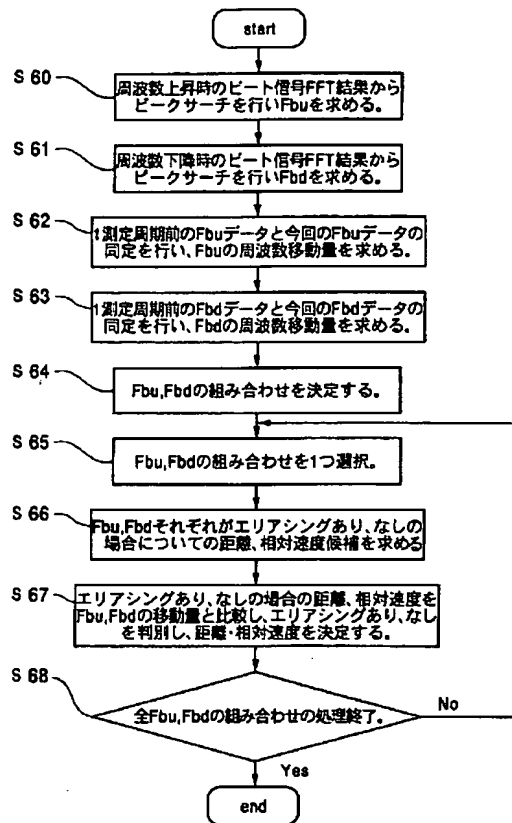
【図7】



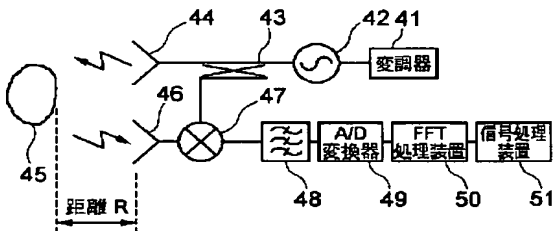
【図10】



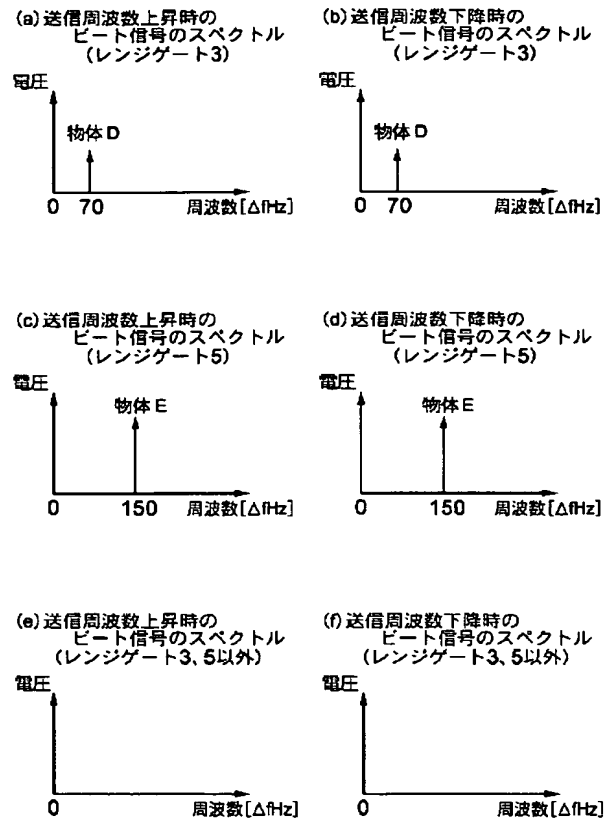
【図6】



【図11】



【図9】



【図12】

